บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย

1. กำหนดชนิดของกระจกที่ใช้ในการทดสอบ
2. กำหนดขนาดและวัสดุที่ทำหุ่นทดลอง
3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกข้อมูล
4. ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิ และ ความส่องสว่าง
5. ทำการทดสอบกล่องทดลอง และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ
6. จำลองพฤติกรรมของแสงธรรมชาติ ที่ส่องผ่านช่องหน้าต่างกระจก
7. การทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องหน้าต่างกระจก
8. วิเคราะห์ผลการทดสอบ
9. สรุปผลการทดสอบ

3.1 กำหนดชนิดของกระจกที่ใช้ในการทดสอบ

กระจกที่นำมาเป็นตัวแทนการวิจัย จะเป็นกระจกที่ได้รับความนิยมใช้ในอาคารทั่วไป ราคาไม่แพง มีคุณสมบัติทางด้านให้แสงส่องผ่านมากหรือป้องกันความร้อนได้ดี จำนวน 5 ชนิด ได้แก่

1. กระจกใส (Clear float glass) ความหนา 6 มม. ค่า SC 0.95

รูปที่ 3.1 แสดงกระจกใส

2. กระจกสีเขียว (Tinted float glass) ความหนา 6 มม. ค่า SC 0.71

รูปที่ 3.2 แสดงกระจกสีเขียว

3. กระจกสะท้อนแสง (Reflective glass) ความหนา 6 มม. ค่า SC 0.53

รูปที่ 3.3 แสดงกระจกสะท้อนแสง

4. กระจกฉนวนกันความร้อน 2 ชั้น (Insulating glass) ความหนา 24 มม. ค่า SC 0.57

รูปที่ 3.4 แสดงกระจกฉนวนกันความร้อน 2 ชั้น

5. กระจกฉนวนกันความร้อน Low-e ความหนา 24 มม. ค่า SC 0.46

รูปที่ 3.5 แสดงกระจกฉนวนกันความร้อน LOW-E

ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางแสงสว่างของกระจกทดสอบแต่ละชนิด

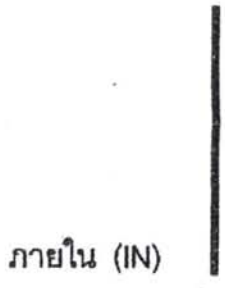
No	Type of Glass	Color	Nominal Glass Thickness (mm.)	Optical Performance					Coolness Ratio
				Visible Rays		Solar Energy			
				Reflect	Transmit	Reflect	Transmit	Absorpt.	
1	กระจกใส	ใส	6	8	88	7	80	13	92.68
2	กระจกสี	เขียวเข้ม	6	7	76	5	49	46	107.04
3	กระจกสะท้อนแสง	เขียวเข้ม	6	27	52	16	32	52	98.11
4	กระจกฉนวน	เขียวเข้ม	24	11.3	67.1	6.9	39.1	54.0	117.71
5	กระจก Low-E	เขียวเข้ม	24	14	59.7	10	31.5	58.5	129.78

ตารางที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อนของกระจกทดสอบแต่ละชนิด

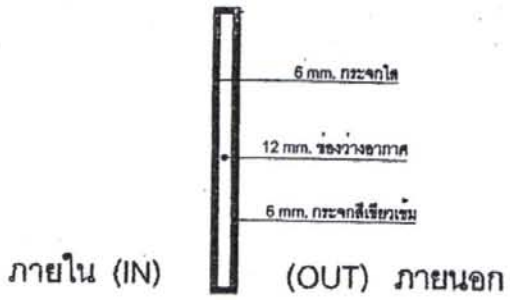
No	Type of Glass	Color	Nominal Glass Thickness (mm.)	Thermal Performance					Coolness Ratio
				Relative Heat Gain		U-Value			
				W/sq.m	Btu/ H-sq.ft	W/ sq. m-k	Btu/ H-sq.ft-F	SC	
1	กระจกใส	ใส	6	645	204	6.29	1.11	0.95	92.68
2	กระจกสี	เขียวเข้ม	6	494	157	6.29	1.11	0.71	107.04
3	กระจกสะท้อนแสง	เขียวเข้ม	6	384	122	6.29	1.11	0.53	98.11
4	กระจกฉนวน	เขียวเข้ม	24	387	123	2.84	0.50	0.57	117.71
5	กระจก Low-E	เขียวเข้ม	24	305	97	1.73	0.30	0.46	129.78

ตารางที่ 3.3 แสดงการเปรียบเทียบ Coolness Radio และราคาของกระจกทดสอบแต่ละชนิด

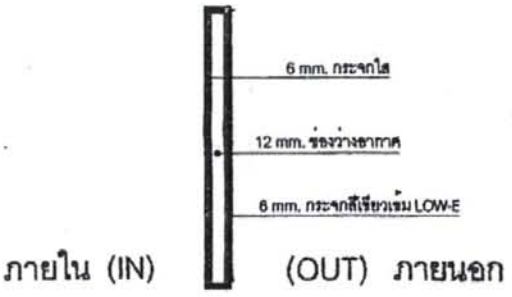
No	Type of Glass	Color	Nominal Glass Thickness (mm.)	Coolness Radio	Price (Baht/sq.ft)	Price (Baht/sq.m)
1	กระจกใส	ใส	6	92.63	36	390.-
2	กระจกสี	เขียวเข้ม	6	107.04	42	450.-
3	กระจกสะท้อนแสง	เขียวเข้ม	6	98.11	178	1,920.-
4	กระจกฉนวน	เขียวเข้ม	24	117.71	192	2,065.-
5	กระจก Low-E	เขียวเข้ม	24	129.78	350	3,770.-



รูปที่ 3.6 หน้าตัดกระจกชั้นเดียว ความหนา 6 มม. (กระจกใส กระจกสีเขียว กระจกสะท้อนแสง)



รูปที่ 3.7 กระจกฉนวนกันความร้อน ความหนา 24 มม.



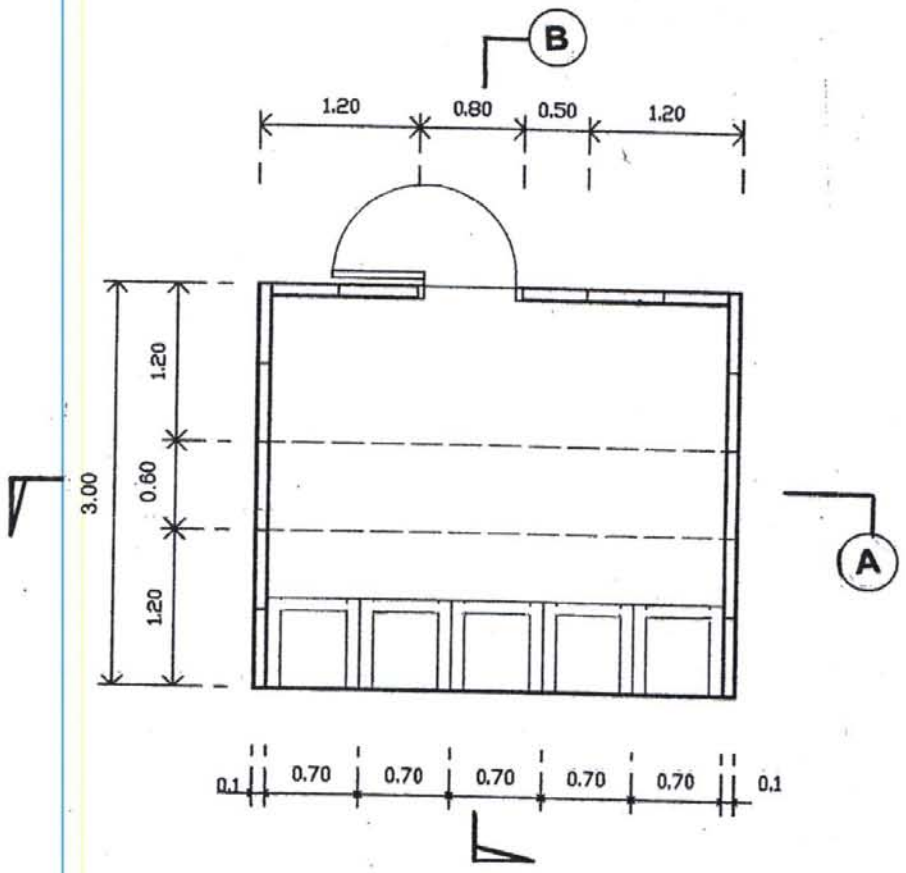
รูปที่ 3.8 กระจกฉนวนกันความร้อน LOW-E ความหนา 24 มม.

3.2 กำหนดขนาดและวัสดุที่ใช้ทำหุ่นทดลอง

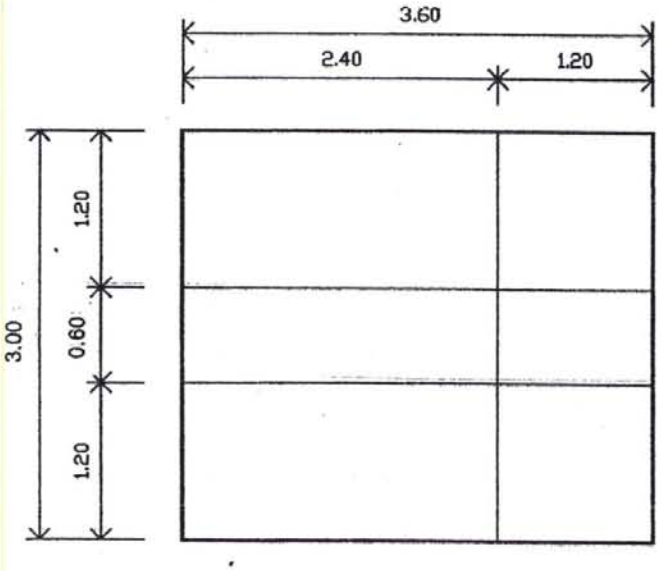
หุ่นทดลองที่ใช้ในการทดสอบ

ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. **ห้องทดลอง** ขนาดกว้าง 3.00 ม. ยาว 3.50 ม. สูง 2.40ม. โครงสร้างโลหะชุบสังกะสี หลังคาเรียบ ดูรูปที่ 3.9 ถึง 3.12 ประกอบ ผนังมีความเป็นฉนวนสูง โดยใส่โฟม EPS (Expandeo Polystyrene Foam) ที่มีความหนาแน่น 1.5 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในให้คงที่และป้องกันผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมภายนอก อุดรอยต่อทุกจุด ไม่ให้มีการรั่วซึมของอากาศ

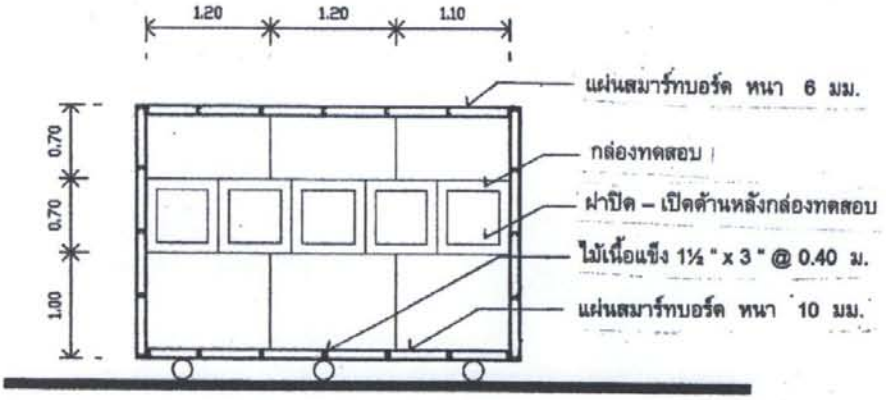


แปลนห้องทดลอง 1: 50

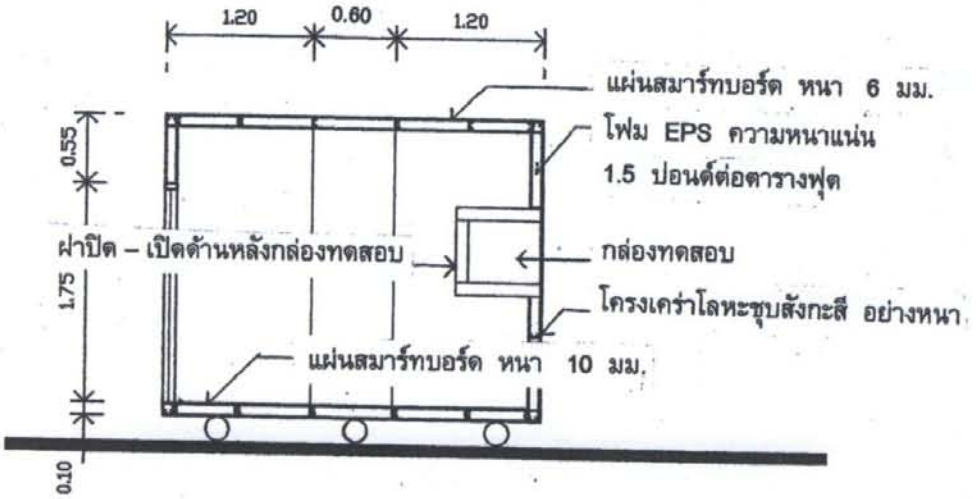


แปลนหลังคาห้องทดลอง 1: 50

รูปที่ 3.9 แปลนห้องทดลองและแปลนหลังคา



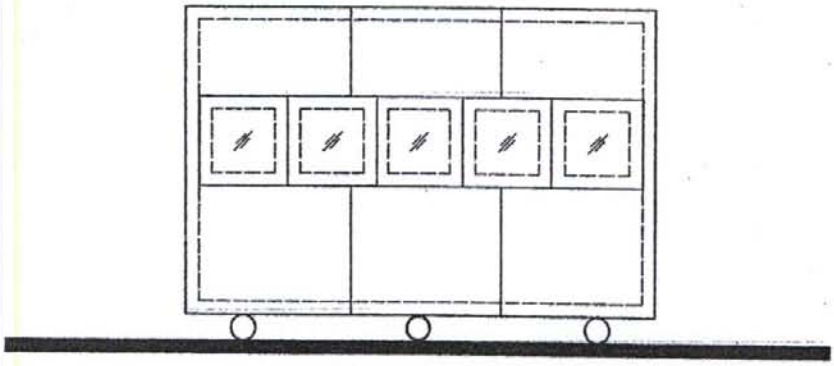
รูปตัด (A) 1:50



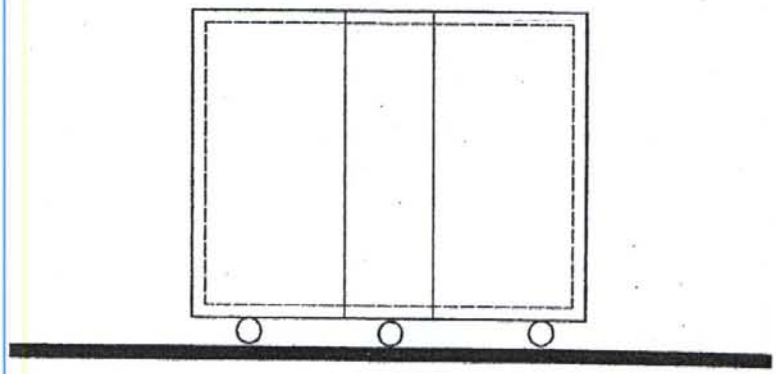
รูปตัด (B) 1:50

รูปที่ 3.10 แสดงรูปตัดห้องทดลอง

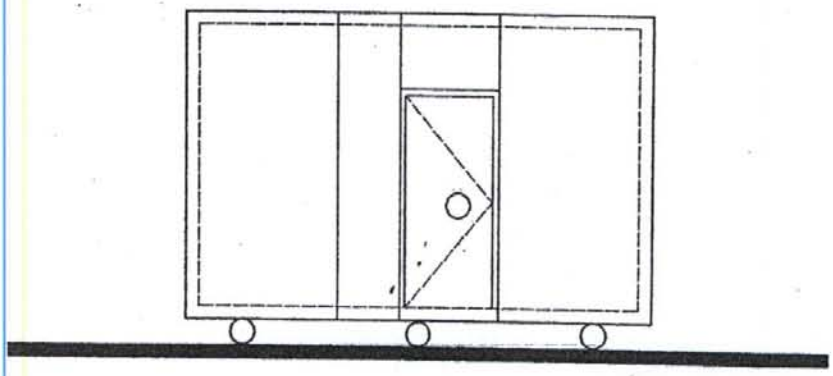
รูปที่ 3.11 ลักษณะรูปทรงห้องทดลอง



รูปด้านหน้า 1 : 50



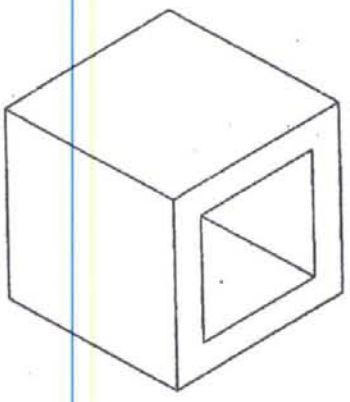
รูปด้านข้าง 1 : 50



รูปด้านหลัง 1 : 50

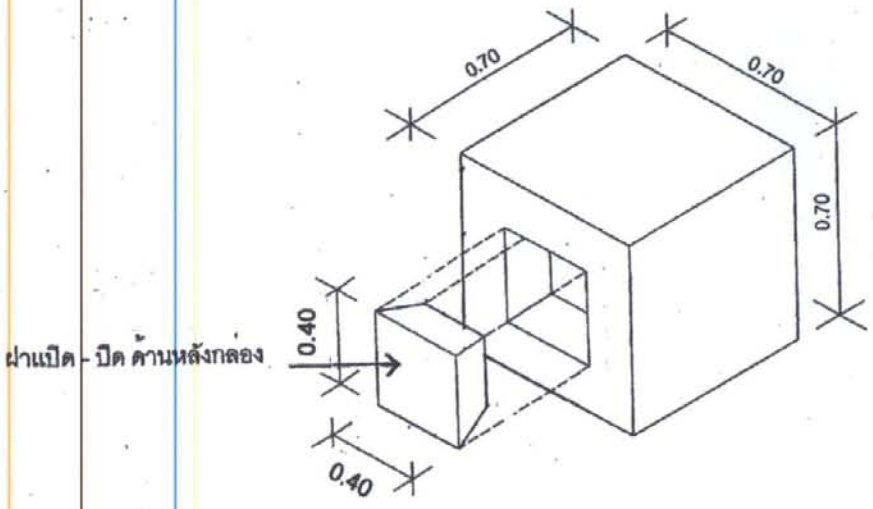
รูปที่ 3.12 แสดงรูปด้านห้องทดลอง

2. **กล่องทดลองวัดอุณหภูมิ** จำนวน 5 กล่อง รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ยาว 0.70 ม. ทุกด้าน ดูรูปที่ 3.13 ถึง 3.15 ประกอบ วัสดุที่ทำกล่อง มีความเป็นฉนวนสูง ทำด้วยโฟม EPS ที่มีความหนาแน่น 1.5 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ทำผิวกล่องให้แข็งแรง ทนแดด ทนฝน โดยฉาบด้วยวัสดุเคลือบภายนอก ซึ่งมีชั้นตาข่ายเสริมให้กล่องมีเนื้อเดียวกันทั้งหมด เพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ระหว่างภายในและภายนอกกล่อง



รูปที่ 3.13 ภาพ ISOMETRIC กล่องทดลอง

รูปที่ 3.14 แสดงกล่องทดลอง



รูปที่ 3.15 รายละเอียดภาพ ISOMETRIC ด้านหลังกล่องทดลอง

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้บันทึกข้อมูล

ในการทำวิจัยครั้งนี้ ใช้เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ Network Paperless Recorder ของบริษัท โยโกกาวา รุ่น Daqstation Dx 200 แบบ Panel type ซึ่งจะบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำภายในขนาด 1.2 MB (แบบ Flash memory) และแสดงข้อมูลที่บันทึกได้บนหน้าจอ (LCD TFT) ในรูปแบบของกราฟ ตัวเลข และบาร์กราฟ ข้อมูลที่วัดได้สามารถถ่ายลง External storage media เช่น Floppy disk, Zip disk, และ ATA Flash memory card

ข้อมูลที่ถ่ายลงฟล็อปปี้ดิสจ์ สามารถนำไปเรียกดูบนคอมพิวเตอร์ได้ โดยใช้ Standard software ที่ให้มาพร้อมกับตัวเครื่อง และข้อมูลสามารถโหลดกลับมาดูได้ในภายหลังที่ตัว DX200 ได้อีกด้วย และในกรณีที่ต้องการโหลดข้อมูลผ่านระบบ Network สามารถดาวโหลดผ่าน Ehernet port ของ DX200 ได้ทันที

การเก็บข้อมมูลของ DX200

ข้อมูลที่วัดได้จะถูกเก็บลงหน่วยความจำเป็นอันดับแรก ซึ่งแบ่งข้อมูลได้เป็น 2 ชนิด คือ Display data และ Event data หรือทั้งสองอย่างก็ได้ ความจุของหน่วยความจำภายในที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลเท่ากับ 1.2 MB เมื่อข้อมูลที่วัดได้ถูกเก็บเป็น Display data และ Event data พร้อมกัน, ข้อมูลขนาด 0.9 MB จะถูกเก็บ Display data และข้อมูลที่เหลือ 0.3 MB จะถูกเก็บเป็น Event data

รูปที่ 3.16 เครื่องวัดอุณหภูมิ Daqstation Dx 200

เครื่องมือที่ใช้จำลองผลเกี่ยวกับความส่องสว่างของแสง

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance เป็นโปรแกรมที่ใช้เกี่ยวกับการออกแบบแสงสว่าง ซึ่งสามารถประมวลและแสดงผลแสงสว่างที่มีความสลับซับซ้อนได้ โดยให้ความแม่นยำและคุณภาพสูง มีเครื่องมือที่ใช้งานสะดวก

สามารถคำนวณแสงเป็นแบบจุด (Point) และแบบกริด (Grid) ซึ่งวัดในหลายๆ จุดพร้อมกันได้ โดยจะมีการกำหนดสภาพท้องฟ้า วัน เดือน ช่วงเวลา การวางทิศทางตัวอาคารและขอบเขตภายในอาคารตลอดจนสามารถเลือกวัสดุที่ต้องการจาก Library ในโปรแกรมได้ เช่น ผนัง กระจก ดวงโคม และสี

นอกจากนั้นยังสามารถทำงานร่วมกับโปรแกรม Auto CAD สำหรับการสร้างวัสดุ 3 มิติ ดูข้อมูลและผลการจำลองในลักษณะต่างๆ ได้

เครื่องมือที่ใช้คำนวนหาค่าพลังงานไฟฟ้า

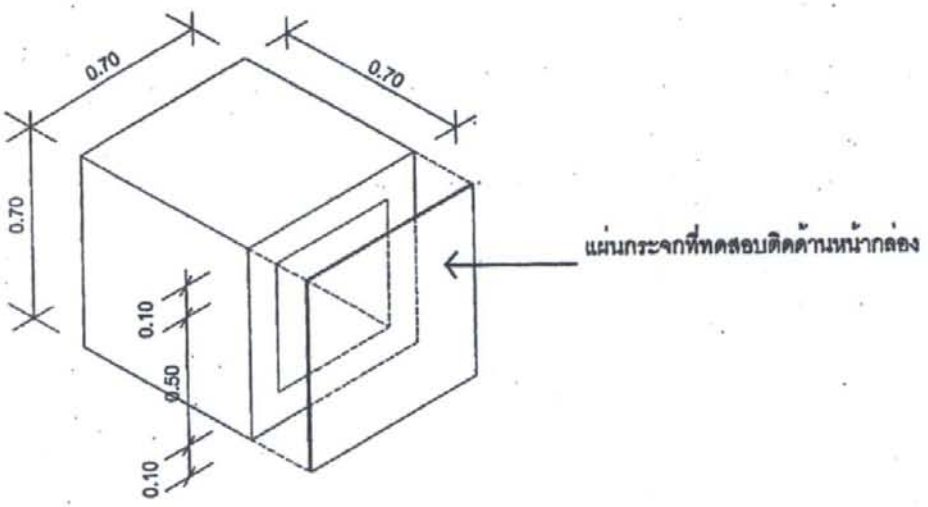
ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้า สำหรับการปรับอากาศ โดยใช้ข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ช่วงเดือนธันวาคม ปี 2551

ส่วนการกำหนดตัวแปรในการเปรียบเทียบภาระการปรับอากาศ ที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังห้องขนาด 5.00 x 5.00 ม. สูง 3.50 เมตร ได้แก่ ผนังทึบเป็นผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ตัวแปรช่องหน้าต่างกระจกชนิดต่างๆ ซึ่งมีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิด 20% 40% 60% 80% 100% และตัวแปรช่วงเวลา 3 ช่วงคือ ระหว่าง 8.00-17.00 น. 9.00-18.00 น. และ ตลอด 24 ชั่วโมง

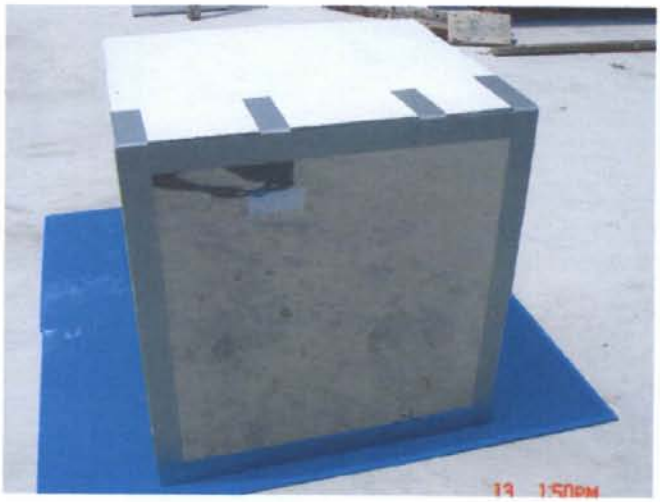
ต่อจากนั้นนำข้อมูลตัวแปรทั้งหมดไปประมวลผลตามวิธีการแบบ CLTD/CLF METHOD (ASHRAE 1989:26:32) เพื่อหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อไป

3.4 ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิและคำนวณค่าความส่องสว่าง

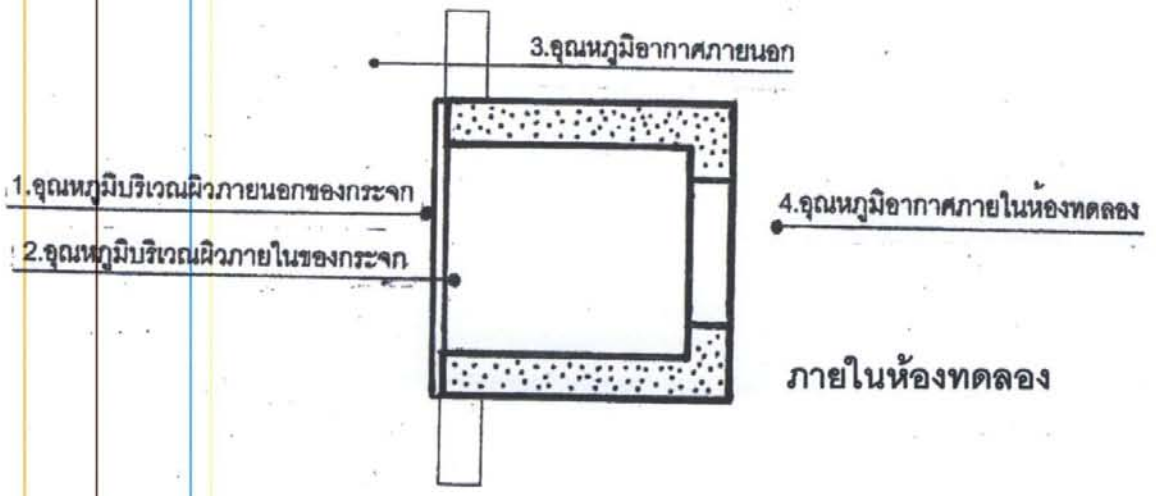
1. การวัดค่าอุณหภูมิในกล่องทดสอบ ทำการติดตั้งหัวเซนเซอร์ Thermo couple เพื่อวัดค่าอุณหภูมิอากาศ ที่จุดกึ่งกลางภายในกล่อง และค่าอุณหภูมิของผิวกระจกด้านนอกและด้านใน ที่จุดกลางแผ่นกระจก ดูรูปที่ 3.19 ถึง 3.20 ประกอบ



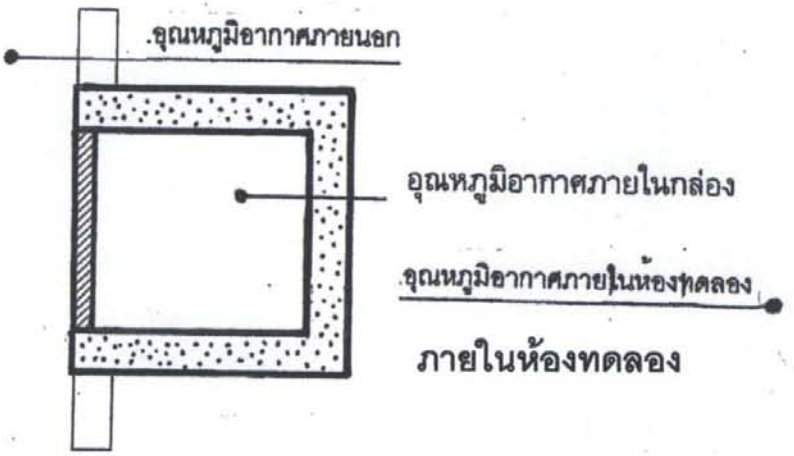
รูปที่ 3.17 แสดงขนาดของกล่องทดลอง



รูปที่ 3.18 แสดงกระจกทดสอบติดด้านหน้ากล่อง

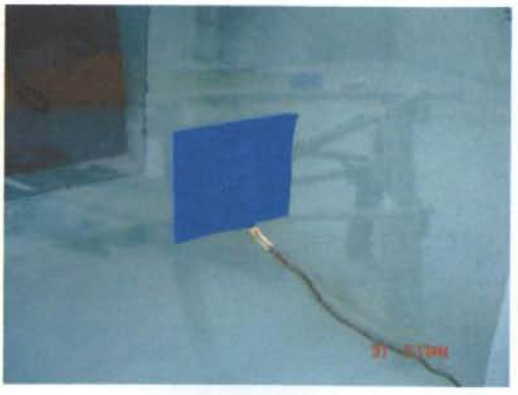


ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิที่ผิวกระจกทดสอบ



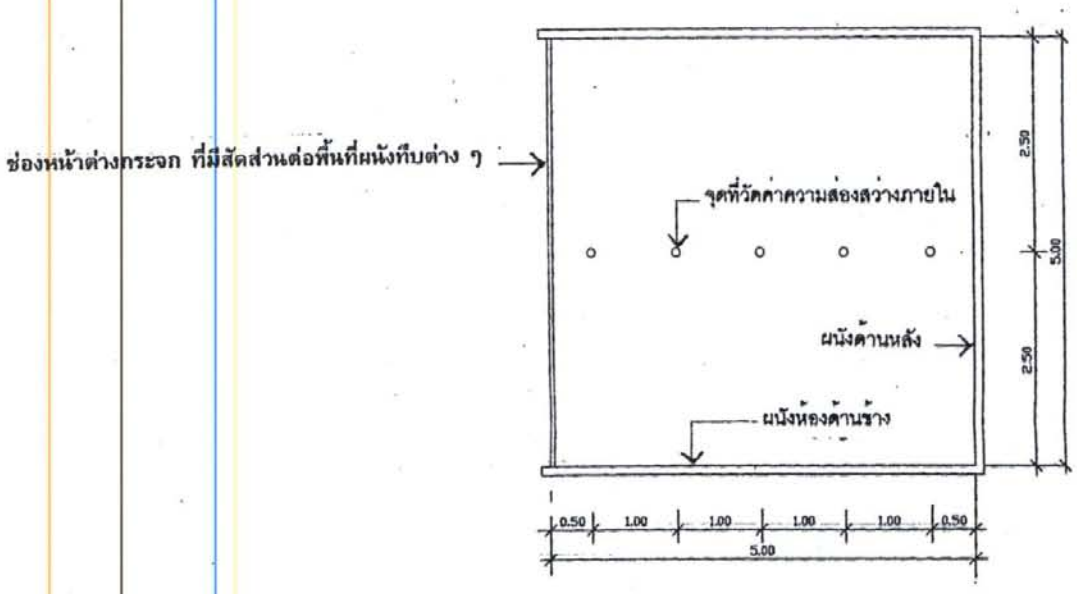
ตำแหน่งที่วัดค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง

รูปที่ 3.19 แสดงตำแหน่งที่วัดค่าอุณหภูมิ

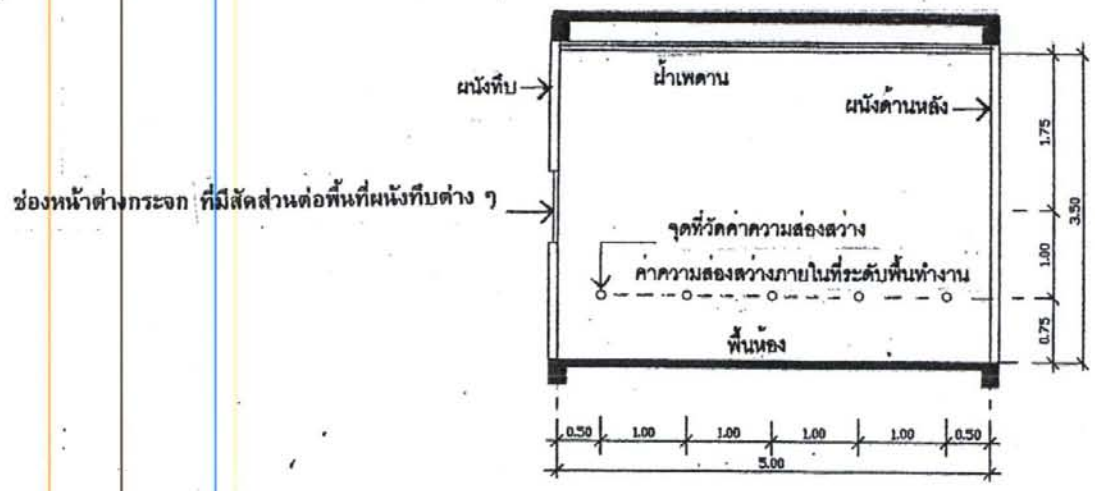


รูปที่ 3.20 การติดสายวัดอุณหภูมิที่ผิวกระจกภายนอก

2. การคำนวณค่าความส่องสว่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ กำหนดตำแหน่งที่วัดค่าความส่องสว่าง ที่ระดับความสูง 0.75 ม. จากพื้น ในแนวระนาบนอน ระยะห่างจากช่องหน้าต่าง 0.50 ม. 1.50 ม. 2.50 ม. 3.50 ม. และ 4.50 ม. ภายในห้องที่มีความกว้าง 5.00 ม. ความยาว 5.00 ม. และความสูง 3.50 ม.



รูปที่ 3.21 แปลนห้องจำลองพฤติกรรมแสงธรรมชาติส่องผ่านช่องหน้าต่างกระจก



รูปที่ 3.22 รูปตัดห้องจำลองพฤติกรรมของแสงธรรมชาติส่องผ่านช่องหน้าต่างกระจก

3.5 การทดสอบกล่องทดลองและเครื่องวัดอุณหภูมิ

1. การทดสอบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ด้วยการทดสอบความสามารถในการวัดค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของหัวเซนเซอร์ Thermo couple ปรากฏว่าเซนเซอร์ทุกตัว อ่านค่าได้เท่าเทียมกัน แสดงว่าเครื่องมือมีความเชื่อถือได้

2. การทดสอบกล่องทดลอง โดยนำกล่องทดลองทุกกล่อง ไปตั้งในห้องปรับอากาศ ด้านหน้ากล่องติดกระจกใส 6 มม. และด้านหลังปิดฝาทุกกล่อง ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในห้องให้คงที่ ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิอากาศภายในกล่องตลอด 24 ชม. พบว่าค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง มีค่าเท่ากัน แสดงว่าทุกกล่องมีคุณสมบัติเท่าเทียมกัน

3.6 จำลองพฤติกรรมแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านช่องหน้าต่างกระจกเข้าสู่พื้นที่ใช้งานในอาคาร โดยมีสัดส่วนพื้นที่ช่องหน้าต่างแตกต่างกัน

ทำการจำลองพฤติกรรมของแสงธรรมชาติใน 4 ทิศหลัก ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก

หลังจากรวบรวมข้อมูลครบถ้วน นำข้อมูลมาสร้างแผนภูมิ เพื่อการวิเคราะห์และสรุปผล

3.7 การทดสอบผลของความร้อนที่เกิดจากการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร

แบ่งการทดสอบออก เป็น 2 ส่วน คือ

1. ทดสอบเฉพาะตัวแปร ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (Shading coefficient) และการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องหน้าต่างกระจก โดยการหันช่องกระจกไป 4 ทิศหลัก ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก

2. การทดสอบเฉพาะตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (u-value)

3.8 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

1. เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความส่องสว่างภายใน ผ่านช่องหน้าต่างกระจกทดสอบแต่ละชนิด ในทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก เพื่อหาความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิผิวกระจกทดสอบแต่ละชนิด ในทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก เพื่อหาความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ (กรณีอาคารติดเครื่องปรับอากาศ)
3. เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณความร้อน ที่ผ่านกระจกทดสอบแต่ละชนิด ในทิศใต้ เพื่อหาความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ (กรณีอาคารไม่ติดเครื่องปรับอากาศ)
4. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองกับอุณหภูมิอากาศภายนอก เพื่อตรวจระดับของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ
5. เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองสูงสุดและต่ำสุดตลอดวัน เพื่อตรวจระดับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ

3.9 สรุปผลการทดสอบ

นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ทั้งในด้านอุณหภูมิและความส่องสว่าง มาพิจารณาร่วมกัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้กระจก ให้เหมาะสมกับการก่อสร้างอาคารประเภทต่างๆ ในเชิงการอนุรักษ์พลังงาน